CONTROL CIRCUIT WITH A DIGITAL CONTROLLER REGULATING THE INPUT CURRENT OF AN ELECTRONIC ACTUATOR BY MEANS OF PULSE WIDTH MODULATION

Publication number: WO9824008

Publication date: 1998-06-04

Inventor: BECHER ALWIN (DE); GENZEL MICHAEL (DE);

MOELLER RODOLFÓ (DE); OJAMIES ARI (DE); TONN ARMIN (DE); WILD HORST (DE)

ARMIN (DE); WILD HORST (DE)

Applicant: TELEFUNKEN MICROELECTRON (DE); BECHER
ALWIN (DE): GENZEL MICHAEL (DE): MOELLER

ALWIN (DE); GENZEL MICHAEL (DE); MOELLER RODOLFO (DE); OJAMIES ARI (DE); TONN ARMIN

(DE); WILD HORST (DE)

Classification: - international:

F16D48/06; G05B11/28; F16D48/00; G05B11/01; (IPC1-7): G05B11/28

- European: F16D48/06: G05B11/28

Application number: WO1997EP06079 19971104

Priority number(s): DE19961048344 19961122

Report a data error here

Cited documents:

US4978865

US5311548

XP000526849

Abstract of WO9824008

The invention relates to a control circuit to regulate the input current of an electrical actor, avoiding to a large extent switching hysteresis phenomena at set-point step change.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM Internationales Bilro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassi G05B 11/28	ifikation ⁶ :	A1	l.	Internationale Veröffentlichungsnummer: Internationales Veröffentlichungsdatum: 4.	WO 98/24008 Juni 1998 (04.06.98)
(21) Internationales Aktenzeich (22) Internationales Anmeldeda				(81) Bestimmungsstaaten: BR, CZ, JP, KR, M Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, LU, MC, NL, PT, SE).	
(30) Prioritätsdaten: 196 48 344.1 22	2. November 1996 (22.11.	96) I	Œ	Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenberich	t.
(71) Anmelder (für alle Bestimm TELEFUNKEN MICRO	nungsstaaten ausser US): ELECTRONIC GMBH				

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BECHER, Alwin [DE/DE];
Soldnerstrasse 107, D-90766 Fürth (DE). Genzel, Michael [DE/DE]; Alter Steig 8, D-90574 Roßtal (DE). MÖLLER, Rodolfo [DE/DE]; Siegfriedstrasse 29, D-90461 Nümberg (DE), OJAMIES, Ari [DE/DE]; Scheunstrasse 14, D-90478 Nümberg (DE), TONN, Armin [DE/DE]; Ohmstrasse 65, D-91154 Roth (DE), WILD, Horst [DE/DE]; An Schloß 1, D-91238 Engelthal (DE).

Theresienstrasse 2, D-74072 Heilbronn (DB).

(74) Anwalt: KOLB, Georg; TEMIC TELEFUNKEN microelectronic GmbH, Theresienstrasse 2, D-74072 Heilbronn (DE).

(54) Title: CONTROL CIRCUIT WITH A DIGITAL CONTROLLER REGULATING THE INPUT CURRENT OF AN ELECTRONIC ACTUATOR BY MEANS OF PULSE WIDTH MODULATION

(54) Bezeichnung: REGELKREIS AUS DIGITALEM REGLER UND REGELSTRECKE ZUR REGELUNG DES EINGANGSSTROMS EINES ELEKTRISCHEN AKTORS UNTER VERWENDUNG DER PULSWEITENMODULATION

(57) Abstract

The invention relates to a control circuit to regulate the input current of an electrical actor, avoiding to a large extent switching hysteresis phenomena at set-point step change.

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen Regelkreis zur Regelung des Eingangsstroms eines elektrischen Aktors, der das Auftreten von Schalthysteresen bei einem Sollwertsprung weitgehend vermeidet.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopftögen der Schriften, die Internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

ΑL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	st	Slowenies
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litanen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburn	SN	Schozal
ΑU	Australien	GA.	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowinz	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland		Republik Mazedonien	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML.	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	ΠE	Irland	MN	Mongolci	ÜA	Ilkrains
BR	Brasilien	IL	lsran)	MR	Mountanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	us	Vereinigte Stanten von
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko	ua	Amerika
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Nicderlande	VN	Victnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik	NZ	Neusceland	zw	
CM	Kamerun		Korea	PL	Polen	ZV	Zimbabwe
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ.	Kasachstan	RO	Rumlnien		
cz	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Födersting		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dånemark	LK	Sri Lanks	SE	Schweden		
BE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

10

20

25

Regelkreis aus digitalem Regier und Regelstrecke zur Regelung des Eingangsstroms eines elektrischen Aktors unter Verwendung der Pulsweitenmodulation

Bei der Weiterentwicklung von Baugruppen im Kfz-Bereich, wie beispielsweise einer Kupplung, werden zunehmend anstelle von Steuerungen Regelungen verwendet. Regelungen weisen einen geschlossenen Wirkungskreislauf aus einem Regier und einer Regeistrecke mit einer Rückkoppiung auf. Dem Regier wird ein Soliwert einer Regeigröße vorgegeben, der diesen zunächst an die Regeistrecke übergibt. Innerhalb der Regeistrecke wird der Istwert der Regeigröße bestimmt und über die Rückkoppiung an den Regier des Regeikreises zurückgeführt wird. Abweichungen zwischen dem Istwert und dem Soliwert der Regeigröße werden im Regier seibsttätig durch das Verändern einer Steligröße ausgeregeit.

Unter der Regelgröße versteht man dabei die zu regeinde physikalische Größe, etwa den Strom oder die Spannung. Der istwert ist der tatsächliche Wert der Regelgröße, der pro Regelzyklus einmal bestimmt (gemessen) wird. Als Sollwert wird der Wert bezelchnet, der durch einen Sollwertgeber, beispielsweise ein Kuppiungspedai, vorgegeben wird, und den die Regelgröße exakt einnehmen soll. Das Regein der Regelgröße wird durch die Veränderung der Steilgröße bewirkt

30 Die Summe der Änderungen der Regelgröße bewirkt die Regelabweichung des Regelkreises. Als Regeldifferenz wird die negative (* - 1) Regelabweichung bezeichnet.

Als Störgrößen werden auf den Regelkreis einwirkende Einflüsse bezeichnet, die eine unerwünschte Veränderung der Regelgröße verursachen. Derartige 35 Störgrößen sind beispielsweise Temperatur- oder Frequenzabhängigkeiten der Bestandteile der Regelstrecke und/oder des Regiers.

25

30

Zur Kompensation von Störgrößen kann in den Regler ein Vorsteuerglied eingefügt werden. Dabei erfolgt die Kompensation der Störgrößen auf der Basis von Sensordaten oder von Kennfeldwerten. Zudem Können in eine Vorsteuerung eingehende Größen auf der Basis mathematischer Funktionen verändert werden, sofern dies für die Regelung vorteilhaft ist.

Entsprechend den an die Regelung gestellten Anforderungen kommen in dem Regler unterschiedliche Regeleinrichtungen zum Einsatz, die beim Auftreten einer Regelabweichung ein unterschiedliches Verhalten aufweisen. In der Literatur sind die Proportional (P)-, integral (II) - und Differential (III) - Regelung, sowie die Kombinationen PI-, PD- und PID- Regelung, bekannt. Zudem können Regelkreise durch Verzweigungen aus mehreren verschiedenen Regeleinrichtungen und Vorsteuergliedern aufgebaut sein. Das Zusammenführen der Verzweigungen des Reglers erfolgt üblicherweise in einem Additionsglied oder einen Multiplikationsglied.

Regler können in analoger - oder in digitaler Schaitungstechnik realisiert werden, die Regelstrecke ist immer in analoger Schaitungstechnik ausgeführt. Bei einer Regelung in digitaler Schaitungstechnik ist, sofern die Sollwerte der Regelgröße nicht als Digitalwerte vorliegen, vor dem Regler ein Analog-Digital-Wandler, und zwischen dem Regler und der Regelstrecke ein Digital-Analog-20 Wandler angeordnet. Zudem ist in der Rückkopplung der Regelung zwischen dem Regler und der Regelstrecke ein Analog-Digital-Wandler angeordnet. Die Digital-Analog-Wandlung kann dabei vorteilhaft durch die Pulsweitenmodulation realisiert werden.

Regeleinrichtungen weisen eine Reihe von technischen Problemen auf, die bei den verschiedenen Regeleinrichtungen unterschledlich ausgeprägt sind. Dies sind z.B. die Schwingneigung, die durch ein geeignetes Dämpfungsglied unterdrückt werden kann, oder das Ausbilden von Schalthysteresen.

Unter einer Schalthysterese versteht man das Verhalten einer Regelung bei einem Sollwertsprung zwischen zwei verschiedenen Sollwerten einen Fehler in der Stellgröße zu verursachen, wodurch ein stabiles Ausregein der Regelgröße erschwert wird.

Bei vielen Regelkreisen muß bei der Regelung einer Regelgröße die Temperatur - und Frequenzabhängigkeit des Widerstandes der Regelstrecke berücksichtigt

15

20

werden. Dies geschieht üblicherweise innerhalb der Vorsteuerung eines Reglers, wie es In der Figur 3 dargestellt ist. Dabei werden die temperatur - und frequenzabhängigen Widerstandsschätzwerte mit dem Sollwert der Regelgröße multipliziert. Das dem Digital-Analog-Wandler zugeführte Stellsignale S setzt sich aus dem Anteil si der Vorsteuerung addiert mit dem Anteil si der Regeleinrichtung zusammen. In der Figur 4 ist das Verhalten des Regiers bei einem Sollwertsprung von I_{solin} auf I_{solin} des in der Figur 3 wiedergegebenen Regiers zur Regelung des Eingangsstroms eines elektrischen Aktors dargestellt. In dem Diagramm ist das Stellsignal S über dem Sollwert I_{stell} der Regelgröße i aufgetragen.

Während der Sollwert I_{sollA} anliegt setzt sich das Stellsignal S_A aus den Anteilen S¹A, und S²A, zusammen. Im Regelzyklus unmittelbar nach dem Sollwertsprung auf den Sollwert I_{sollA} setzt sich das Stellsignal S aus den Anteilen S¹a, und S²a, sowie einem dynamischen Stellwertfehler in der Höhe von | 1∪²A, - ∪²a, | zusammen, der zum Ausbilden der Schalthysterese führt. Der dynamische Stellwertfehler wird dabei durch den Anteil S² der Regeleinrichtung verursacht, der im ersten Regelzyklus nach dem Sollwertsprung statt dem Anteil S²a, noch den Anteil S²a, zum Stellsignal S beiträgt. Erst nach dem Ende eines Einschwingvorgangs übergibt die Regeleirichtung den korrekten Anteil S²a, und der Regler das korrekte Stellsignal Sa an die Regelstrecke.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Regelung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 anzugeben, bei dem das Ausbilden einer Schalthysterese vermieden wird. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale im Kennzeichen des Patentanspruches 1 gelöst.

25 Bei dem erfindungsgemäßen Regelkreis aus einem digitalem Regler und einer Regelstrecke wird zur Regelung der Regelgröße "Eingangsstrom" eines elektrischen Aktors durch die Stellgröße "Stellspannung" unter Verwendung der Pulsweitenmodulation ein digitaler Regler mit dem folgenden Aufbau verwendet:

30 Die von dem Sollwertgeber vorgegebenen Sollwerte des Eingangsstroms werden einem Analog-Digital-Wandler zugeführt. Die Ausgangssignale des Analog-Digital-Wandlers werden einer Vorsteuerung sowle einer Integratorregelung zugeführt. In der Vorsteuerung wird der Sollwert des Eingangsstroms durch eine gemessene Versorgungsspannung dividiert.

15

20

25

30

Vor der Integratorregelung befindet sich ein erstes Addierglied, mit dem die Rückkopplung der Regelstrecke verbunden ist, und an dem die negierten istwerte der Regelgröße an den digitalen Regler zurückgeführt werden. Die Ausgangssignale der integratorregelung und der Vorsteuerung werden in einem Mutitolizierdiled zusammengeführt.

Zwischen diesem Multipliziergiled und der integratorregelung ist eine zweites Addlergiled angeordnet, das mit einer Kennfeldsteuerung verbunden ist, in der temperatur - und frequenzabhängigen Widerstandswerte der Regelstrecke abgelegt sind. Diese Widerstandswerte wurden experimentell bestimmt und sollten dem Widerstand der Regelstrecke möglichst genau entsprechen.

Das Ausgangssignal des Multipliziergliedes, das eine dimensionslose, auf 1 normierte Stellsignal darstellt, wird einem Digital-Analog-Wandier zugeführt, der nach der Technik der Pulsweitenmodulation arbeitet. Der Mittelwert der Stellspannung des elektrischen Aktors ergibt sich aus dem Stellsignal multipliziert mit der Versordungsspannung.

Die Regelstrecke des Regelkreises weist die folgenden Bestandtelle auf:
Den elektrischen Aktor, dessen Eingangsstrom geregelt wird, und eine Meßvorrichtung, mit der der istwert des Eingangsstroms gemessen wird. Das Ergebnis
der Messung wird einem zweiten Analog-Digital-Wandler zugeführt, dessen
Ausgangssignal dem ersten Addlerglied zugeführt wird,

In einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß der eiektrische Aktor ein Proportionalventil zur Steuerung einer Hydraulik ist, welche das Öffnen und Schließen einer Kraftfahrzeugkupplung bewirkt.

Im folgenden ist das erfindungsgemäße Verfahren am Ausführungsbeispiel einer Regelung für die Einstellung des Kupplungsmomentes einer Kraftfahrzeug-Kupplung im Zusammenhang mit Zeichnungen (Figur 1 und 2) beschrieben. Es zeigen:

- Figur 1 den Signalflußptan eines Regelkrelses nach dem erfindungsgemäßen Verfahren.
- Figur 2 ein Diagramm zur Darstellung der prinzipiellen Verläufe der Stellgröße bei einem Sollwertsprung.

20

25

30

35

Die Einstellung des Kupplungsmomentes einer hydraulischen MehrscheibenNaßkupplung eines kraftfahrzeugs muß sowohl dynamisch als auch statisch mit
minimalen Fehler erfolgen. Dazu wird Innerhalb eines Regelkreises der Eingangsstrom I eines Proportionalventils PV geregelt, welches die Höhe des auf
eine Kupplung wirkende Hydraulikdruckes einstellt. Der Sollwertgeber der Regelung ist dabel das Kupplungspedal des Kraftfahrzeuges. Die Stellgröße der
Regelgröße Eingangsstrom I ist die Stellspannung Upark.

Der digitale Regier RE des Regeikreises ist in digitaler Schaitungstechnik ausgeführt, während die Regeistrecke RS des Regeikreises mit dem Proportionalventil PV und der Vorrichtung R_{mell} zur Bestimmung des Istwertes I_{ist} des Eingangsstroms I in analoger Schaitungstechnik ausgeführt ist. Innerhalb des digitalen Regiers RE wird die Steilspannung U_{stell} als Steilsignal S bezeichnet. Die Digital-Analog-Wandlung ist mit der Technik der Pulsweitenmodulation PWM realisiert

15 Figur 1 zelgt einen Signalflußplan einer derartigen Regelung aus einem digitalen Regier RE und der Regelstrecke RS. Der durch das Kupplungspedal vorgegebenen Sollwert I_{soll} des Eingangsstroms I wird im digitalen Regier RE einem ersten Analog-Digital-Wandler AD, zugeführt.

Die Ausgangssignale des ersten Analog-Digital-Wandlers AD₁ werden einer Vorsteuerung VS sowie der Regeleinrichtung zugeführt.

Die Regeleinrichtung ist als integratorregelung in ausgebildet, die keine bleibenden Regeldifferenzen aufweist. Die Änderungsgeschwindigkeit des Stellsignals S ist dabei proportional zur Regeldifferenz.

Innerhalb der Vorsteuerung VS wird der Sollwert I_{soll} des Eingangsstroms I durch den Meßwert UB_{meß} der Bordspannung UB des Kraftfahrzeuges dividiert. Unmittelbar vor der Intergratorregelung iR befindet sich im digitalen Regler RE ein erstes Addierglied A₁, an dem die Rückkopplung der Regelstrecke RS angeschlossen Ist, und an dem der negierten Istwerte I_{lst} des Eingangsstromes I von der Regelstrecke RS an den digitalen Regler RE zurückgeführt wird. Die Ausgangssignale der Integratorregelung IR und der Vorsteuerung VS werden in einem Multiplizierglied M zusammengeführt.

Zwischen diesem Multiplizierglied M und der integratorregelung IR ist eine Zweites Addlerglied A_2 angeordnet, das mit einer Kennfeldsteuerung KS verbunden ist, in der Widerstandswerte RTT, β der Regelstrecke RS temperatur und frequenzabhängig abgelegt sind. Dazu ist die Kennfeldsteuerung KS mit einem Temperatursensor TS verbunden, der die Temperatur T der Regelstrecke

20

25

RS bestimmen

Das Ausgangssignal des Multipliziergliedes M ist das digitale Stellsignal S, welche eine dimensionslose, auf 1 normierte Größe darstellt. Durch den anschließenden Digital-Analog-Wandler DA, der nach der Technik der Pulsweitenmodulation PVM arbeitet, wird das digitale Stellsignale S in die analoge Stellspannung Ustell umwandelt. Der Mittelwert der analogen Stellspannung Ustell ergibt sich aus dem Stellsignale S (Tastverhältnis) multipliziert mit der Bordspannung Ub des Krafffahrzeuges

Bei einem Pulsweltenmodulator mit variabler Modulatorfrequenz f werden die Widerstandswerte RT, D als ein zweidimensionales Kennfeld in der Kennfeldsteuerung abgelegt. Bei der Verwendung eines Pulsweitenmodulators mit konstanter Modulatorfrequenz f reicht eine Kennlinie RT) aus.

DIe Regelstrecke RS des Regelkreises weist als Bestandteile das Proportionalventil PV, dessen Eingangsstrom I geregelt wird, und eine Meßvorrichtung auf, die in der Figur 1 Jediglich durch den Meßwiderstandes R_{mess} dargesteilt ist, und mit der der Istwert I_{lst} der Eingangsstroms I bestimmt wird. Das Ergebnis der Messung wird einem zweiten Analog-Digital-Wandler AD₂ zugeführt, der mit dem ersten Addierglied A₁ verbunden ist. Mittels der Meßvorrichtung wird zudem die Bordspannung UB des Kraftfahrzeuges bestimmt und der Meßwert UB_{meß} der Vorsteuerung vs des digitalen Regiers RE zugeführt.

Die Regelstrecke aus Proportionalventii PV und Meßwiderstand R_{meß}, weist ein Widerstandsverhalten auf, welches von der Temperatur T und von der Frequenz f der Pulsweitenmodulators, abhängig ist.

Bei diesem Aufbau des digitalen Regiers RE setzt sich die dimensionsiose Stellgröße S aus dem Anteil der Vorsteuerung VS (I_{souf}/UB_{mee}) multipliziert mit dem Anteil der integratorregellung iR und mit dem Anteil der Kennfeldsteuerung KS zusammen. Dabei addiert sich das Ausgangssignal der Kennfeldsteuerung KS zu dem durch die Integratorregelung iR fehlerbereinigten geregeiten Teil des Widerstandes RT,fi der Regeistrecke RS.

30 In der Figur 2 das Verhalten der erfindungsgemäßen Regelung bei einem Sollwertsprung des Eingangsstroms I von dem Sollwert I_{soll,A} auf den Sollwert I_{soll,B} des in der Figur 1 Wiedergegebenen Regelkrelses dargestellt. In dem Diagramm ist das Stellsignal S über dem Sollwert I_{soll} des Eingangsstroms I aufgetragen. Während der Sollwert I_{soll,A} anliegt setzt sich das Stellsignal S_A gemäß:

$$S_{A} = I_{soll,A} * \frac{R_{(T,f)} + Anteil_{line grator regelebrichtung}}{UB_{mes}}$$

zusammen,

Im Regelzyklus unmittelbar nach dem Sollwertsprung von dem Sollwert $I_{soll,A}$ auf den Sollwert $I_{soll,B}$ setzt sich das Stellsignal S_B gemäß:

$$S_{\scriptscriptstyle B} = I_{\scriptscriptstyle soil,B} * \frac{R_{(Tf)} + Anteil_{\scriptscriptstyle Integrator regelein richtung}}{UB_{\scriptscriptstyle meB}}$$

zusammen.

10

Der geforderte Stellwert S_{θ} wird direkt im ersten Regelzyklus nach dem sollwertsprung erreicht, ein dynamische Stellwertfehler stellt sich nicht ein. Eine Schalthysterese, die ein stabiles Ausregein des Eingangsstroms I verhindern würde, kann sich bei der erfindungsgemäßen Regelung nicht ausbilden.

Somit werden gleichmäßige Übergänge des Kupplungsmomentes erreicht, die eine grundlegende Voraussetzung für die Realisierung eines guten Fahrkomforts bei einer geregeiten, hydraulischen Mehrscheiben-Naßkupplung sind.

15

20

25

30

Patentansprüche

 Regelkreis aus digitalem Regler (RE) und Regelstrecke (RS) zur Regelung des
 Eingangsstroms (I) eines elektrischen Aktors (PV) unter Verwendung der Pulsweitenmodulation (PWM), wobel der

digitale Regler (RE) die folgenden Bestandteile aufweist

- die Paralleischaitung einer Vorsteuerung (VS) und einer Integratorregelung (IR), deren Eingänge mit dem Ausgang eines ersten Analog-Digital-Wandiers (AD₄) verbunden sind, dem der Sollwert (I_{soll}) des Eingangsstroms (I) zugeführt wird,
- ein in Reihe zwischen dem erstem Analog-Digital-Wandler (AD₄) und der Integratorregelung (IR) angeordneten erstes Addlerglied (A₄), dem der neglerte istwert (I₆₀) des Eingangsstroms (I) von der Regelstrecke (RS) zugeführt wird.
- ein Multipliziergiled (M), dem die Ausgangssignale der Vorsteuerung (VS) und der Integratorregelung (IR) zugeführt werden, und der als Ausgangssignal ein digitales Stellsignal (S) bildet,
- ein zwischen dem Multipliziergilled (M) und der Integratorregelung (R) angeordneten zweiten Addiergilled (A₂), dem die Ausgangssignale einer Kennfeldsteuerung (KS) zugeführt werden, in der temperaturund frequenzabhängige Widerstandswerte (R(T,f)) der Regelstrecke (RS) abgelegt sind,
- Und einen zwischen dem Multiplizierglied (M) und der Regelstrecke (RS) angeordneten, die Pulsweitenmodulation (PWM) verwendenden Digital-Analog-Wandler (DA), dessen Ausgangssignal eine analoge Stellspannung U_{stell} ist, und dessen Mittelwert das analoge Stellsignal (S) multipliziert mit der Versorgungsspannung (UB) der Regelstrecke (RS) ist,

und wobei die Regelstrecke (RS) folgende Komponenten aufweist

- · den elektrischen Aktor (PV),
- eine Meßvorrichtung (R_{meg}) zur Bestimmung des Istwertes (I_{ist}) des Eingangsstroms (I) des elektrischen Aktors (PV).
- und einen zweiten Analog-Digital-Wandler (AD₂), der mit dem ersten Addierglied (A₁) verbunden ist.
- Regelkrels Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der elektrische Aktor (PV) elektromagnetisches Proportionalventil ist.

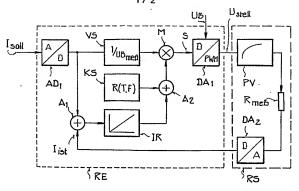
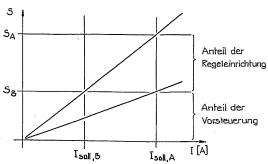


FIG.1

FIG.2



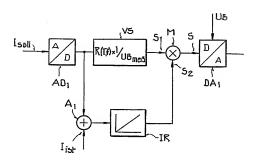
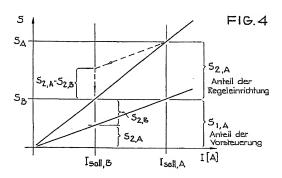


FIG.3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter anal Application No PCT/EP 97/06079

A. CLASSI IPC 6	IFICATION OF SUBJECT MATTER G05B11/28		
According to	in telegralismal Delega Classification (DC) or in help national deceible		
	to international Patent Classification (IPC) or to both national classificatio	allon and IPC	
Minimum do	ocumentation searched (classification system followed by classification	on symbols)	
IPC 6	G05B		
Documental	ation searched other than minimum documentation to the extent that se	such documents are included in the fields se	arched
Electronic d	data base consulted during the international search (name ol data bas	se and, where practical, search terms used)
C. DOCUM	ENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the rela	want passages	Relevant to claim No.
A	US 4 978 865 A (HARTMANN RALF ET December 1990 see the whole document	f AL) 18	1
A	US 5 311 548 A (NIKOLAUS HEINRICH 1994 see the whole document	I) 10 May	1
A	LIM K W ET AL: "PROPORTIONAL CON SCLENDID ACTUATOR" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ELECTRON AND INSTRUMENTATION. (IECON), BOL SEPT. 5 - 9, 1994 SPECIAL SESSION PROCESSING AND CONTROL, vol. 3 of 3, 5 September 1994, IN OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENG pages 2045-2050, XPO00526849	NI CONTROL LOGNA, NS, SIGNAL NSTITUTE BINEERS,	1
	her documents are listed in the continuation of box C.	X Palent family members are listed in	n annex.
"A" docume conside "E" earlier de liling de "L" documer which i citation "O" docume other n "P" docume later th	aired to be of purificular relevance Comment but published on or after the international formattive published on or after the international and which may throw doubte on pulsonly claiming or is dead to establish the publishing-date of another or other special reason (as a specified) or other special reason (as a specified) or other special reason (as a specified) and other special reason (as a specified) and the special reason (as a specified	To later document published after the softening or price of the control of a control of the cont	sory underlying the claimed invention to be considered to cument is taken atons taltimed invention ventive step when the ventive step when the ventive step when the ventive step when the us to a person skilled
Date of the a	actual completion of theinternational search	Date of mailing of the international sear	rch report
	8 February 1998	27/02/1998	
Name and m	nailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentiaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tol. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,	Authorized officer Kelneris K	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Inter and Application No

Palent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4978865 A	18-12-90	DE 3824526 A EP 0351451 A	25-01-90 24-01-90
US 5311548 A	10-05-94	DE 4109233 A FR 2674967 A IT 1254283 B JP 5080801 A	24-09-92 09-10-92 14-09-95 02-04-93

Form PCT/ISA/219 (patent family annex) (July 1992)

males Aktenzeichen

	INTERNATIONALER RECHERCHENS	ERICHI	PCT/EP 97	/06079
A. KLASSII	FIZIERUNG DEŞ ANMELDUNGSGEGENSTANDES		. 3., 2. 31,	
IPK 6	FIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES G05B11/28			
	ternationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalan Klas-	sifikation und der IPK		
	RCHIERTE GEBIETE rter Mindestprütstoff (Klassitikationssystem und Klassitikationssymbol	e)		
IPK 6	G05B	-,		
Recherchier	rte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, so	vett diese unter die red	herchlerten Gebiete	fallen
Währonde	er internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (N	ame der Datonhauk	id gvill, vanuarviate s	- Suchbeartife)
	Williams Commission of the Commission (M	von Dentritionin Uf	o.m. resmellatele t	
	SENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN			
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe	der in Betracht komm	enden Telle	Betr. Anspruch Nr.
Α	US 4 978 865 A (HARTMANN RALF ET	Ai)		1
	18.Dezember 1990	,		-
1	siehe das ganze Dokument			
A	US 5 311 548 A (NIKOLAUS HEINRICH) 10.Mai		1
	1994			
	siehe das ganze Dokument			
A	LIM K W ET AL: "PROPORTIONAL CON	TROL OF A		1
	SOLENOID ACTUATOR" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL			
	 CONFERENCE ON INDUSTRIAL ELECTRON 			
	AND INSTRUMENTATION. (IECON), BOL SEPT. 5 - 9, 1994 SPECIAL SESSION			
	PROCESSING AND CONTROL,	•		
	Bd. 3 OF 3, 5.September 1994, INS ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINE	TITUTE OF		
	Seiten 2045-2050, XP000526849	.EnJ,		
<u> </u>				<u> </u>
Weite	tere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu ehmen	X Slehe Anhang	Patenifamilia	
* Besondere	e Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :	"T" Spätere Veröffentlik oder dem Prioritik	chung, die nach dem	ninternationaten Anmeldedatum It worden ist und mit der
	ntlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, icht als besonders bedeutsam anzusehen ist	Anmeldung nicht i Edindung zugrund	koltidiert, sondern nu Meliegenden Prinzips	r zum Verständnis des der oder der ihr zugrundeliegenden
Anmet	Dokument, des jedoch erst am oder nach dem internationalen tdedatum veröffentlicht worden ist ntlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweitefhaft er-	I neone angegene	in isi	done de branco de Edudo.
schein andere	michung, die geeignet ist, einen Priontalsansprüch zweiterhalt er- ien zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer en im Riechercherbericht genannten Veröffentlichung beleet werden.	kann atteln autgru erfinderischer Täti	nd dieser Verötfentli igkelt beruhend betra	chung nicht als neu oder auf achtet werden
ausget	ter die aus einemanderen besonderen Grund angegeben ist (wie führt)	kann nicht als auf Werden, wenn ele	m pesonderer Beder erfinderischer Tätigk Veröffentlichung mit	utung; die beanspruchte Erfindung seit beruhend betrachtet reiner oder mehreren anderen Verbindung gebracht wird und
	intlichung, die sich auf eine müncliche Offenbarung, Benutzung, eine Ausstellung oder annder Maßnahmen bezieht	, alese verbiliaung	iur ginen Facranann	nanellegeno isi
dem b	eanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist	"&" Veröffentlichung, d	ie Mitglied derselber	nPatentfamilie ist
Datum des	Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum de	s internationalen Re	cherchenberichts
1	8.Februar 1998	27/02/1	1998	
Name und F	Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter E	Bediensteler	
1	Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk			
	Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nt, Fax: (+31-70) 340-3016	Ke1per	ls, K	

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angeben zu Veröffentlichungen, die zur seiben Patentfamilie gehören

Inlers allos Aktonzeichen

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patenttamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4978865 A	18-12-90	DE 3824526 A EP 0351451 A	25-01-90 24-01-90
US 5311548 A	10-05-94	DE 4109233 A FR 2674967 A IT 1254283 B JP 5080801 A	24-09-92 09-10-92 14-09-95 02-04-93

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentlamilie)(Juli 1992)